

**ZESZYTY NAUKOWE NR 1(73)
AKADEMII MORSKIEJ
W SZCZECINIE**

EXPLO-SHIP 2004

Karol Franciszek Abramek

**Liczba pierścieni a zjawisko przedmuchów gazów
do skrzyni korbowej**

Słowa kluczowe: przedmuchy gazów, skrzynia korbowa, tłokowy silnik spalinowy

Przedstawiono wpływ zmiany liczby pierścieni na wielkość natężenia przedmuchów spalin do skrzyni korbowej jednocyndrowego, badawczego silnika SB-3.1. Charakterystyki natężenia przedmuchów gazów w funkcji liczby pierścieni sporządzono dla biegu jałowego.

**The Number of Rings versus Effect of Blow-By
Gases into the Crankcase**

Key words: blow-by, crankcase, combustion engine

This paper presents the influence of a change in the number of rings on blow-by into the crankcase of a single-cylinder engine SB-3.1. Blow-by-speed characteristics were made for idle running.

Wstęp

Zapewnienie szczelności przestrzeni roboczej jest jednym z głównych zadań stawianych złożeniu tłok – pierścienie – cylinder (TPC). Straty ładunku, w postaci przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej na skutek nieszczelności w suwliwym pasowaniu tłoka w cylindrze powodują obniżenie sprawności ogólnej silnika. Na wielkość przedmuchiów, oprócz warunków i parametrów eksploatacyjnych, mają wpływ parametry konstrukcyjne. Jako jeden z nich można wymienić liczbę pierścieni. Zwiększanie liczby pierścieni uszczelniających powoduje powstawanie szczelniejszej przestrzeni roboczej, dzięki temu jest mniejsza strata ładunku w postaci przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej silnika. Należy także pamiętać, że zwiększanie liczby pierścieni powoduje wzrost strat na tarcie, co obniża sprawność mechaniczną silnika. Zauważono, że zwiększanie liczby pierścieni uszczelniających powyżej czterech powoduje stosunkowo niewielki spadek strat ładunku, natomiast przyczynia się do wzrostu strat na tarcie, co obniża sprawność mechaniczną silnika w stopniu większym niż występujące straty ładunku w postaci przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej silnika [3].

1. Badania innych autorów

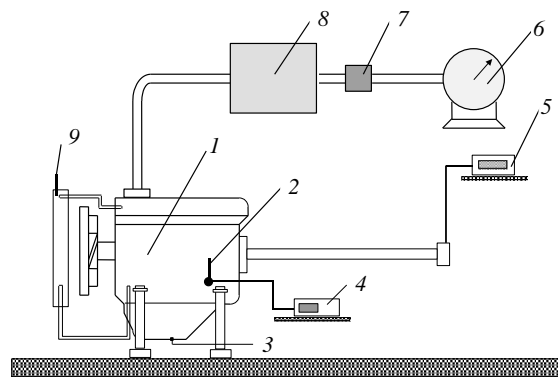
W publikacjach naukowych [2, 3] występują pewne nieścisłości odnośnie wpływu liczby pierścieni oraz ich rozmieszczenia na tłoku na natężenie przedmuchiów gazów do skrzyni korbowej. Według Matesa Heiliga [2] do prędkości obrotowej około 5400 min^{-1} liczba pierścieni nie wpływa na wielkość natężenia przedmuchiów gazów, natomiast powyżej 5400 min^{-1} wartość natężenia przedmuchiów dla jednego pierścienia uszczelniającego była mniejsza o około 50% w stosunku do dwóch pierścieni uszczelniających. Wniosek z wyników badań przedstawionych w publikacji [2] nasuwa pewne wątpliwości, że przy jednym dobrze pracującym pierścieniu można uzyskać taki sam efekt uszczelniający, a nawet lepszy, jak przy większej liczbie pierścieni uszczelniających. Zjawisko to Mates Heilig tłumaczy tym, że drgania tulei cylindrowej, które mogą wystąpić przy bocznym przemieszczaniu tłoka w szybkobieżnych silnikach z zapłonem samoczynnym powodują okresowe odrywanie pierścieni od gładzi, co sprzyja powstawaniu zjawiska trzepotania pierścieni i towarzyszącemu mu wzrostowi natężenia przedmuchiów. Zupełnie inną sytuację przedstawił Wiesław Kozaczewski [3]. Zakładając, że przy jednym pierścieniu uszczelniającym występuje stu procentowa strata ładunku, zastosowanie dodatkowego pierścienia uszczelniającego (dwa pierścienie uszczelniające) spowoduje zmniejszenie

przedmuchów gazów o dwadzieścia procent. Wprowadzenie następnego dodatkowego pierścienia uszczelniającego (trzy pierścienie uszczelniające) przyczyni się do zmniejszenia strat ładunku w stosunku do uszczelniania z jednym pierścieniem uszczelniającym o trzydzieści procent. Zastosowanie kolejnego pierścienia uszczelniającego (cztery pierścienie uszczelniające) spowoduje lepsze uszczelnianie przestrzeni roboczej o trzydzieści siedem procent w stosunku do układu tłok – pierścienie – cylinder z jednym pierścieniem uszczelniającym. Istniejące różnice w wynikach badań skłoniły autora do własnych dociekań nad wpływem liczby i rozmieszczenia pierścieni na wielkość strat ładunku w postaci przedmuchów.

2. Obiekt badań i urządzenia pomiarowe

Badania przedmuchów gazów do skrzyni korbowej wykonano na badawczym silniku SB-3.1, który jest konstrukcją prototypową jednocylindrowego, czterosuwowego silnika o zapłonie samoczynnym z bezpośrednim wtryskiem paliwa do otwartej komory spalania w tłoku. Do jego budowy wykorzystano części silnika SW-680 między innymi: tłok z pierścieniami (skok tłoka 146 mm), tuleję cylindrową (średnica cylindra 127 mm), korbowód z panewką, zawory, wtryskiwacz i inne. Głowica silnika jest przerobiona z głowicy silnika SW-680 jako wycinek jednego cylindra.

W Katedrze Eksploatacji Pojazdów Samochodowych Politechniki Szczecińskiej wykonano stanowisko do badań natężenia przedmuchów przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – badany silnik, 2 – miernik ciśnienia spiętrzania gazów w skrzyni korbowej, 3 – miernik temperatury oleju, 4 – miernik ciśnienia oleju, 5 – obrotomierz, 6 – gazomierz laboratoryjny, 7 – filtr, 8 – zbiornik wyrównawczy, 9 – miernik temperatury wody w chłodnicy

Fig. 1. Diagram of the test bed

Pomiar natężenia przedmuchiń polegał na tym, że przyrząd pomiarowy (6) połączono ze skrzynią korbowa badanego silnika (1) za pomocą przewodu gumowego, włożonego w miejsce olejowego otworu wlewowego. Ciśnienie wytworzone w skrzyni korbowej podczas pracy silnika spowodowało przepływ spalin do zbiornika wyrównawczego (8), który był wypełniony wiórami stalowymi w celu likwidacji pulsacji i wstępnego oczyszczenia spalin z mgły olejowej. Z kolei spaliny przechodziły przez filtr (7), gdzie następowało ich dokładne oczyszczenie, po czym trafiały do gazomierza laboratoryjnego (6). Dodatkowe urządzenie, tj. miernik ciśnienia spiętrzenia gazów w skrzyni korbowej (2) służył do kontroli oporów przepływu gazów, pokazując wartość spiętrzenia ciśnienia w skrzyni korbowej. Mierzono także temperaturę wody w chłodnicy (9), temperaturę (3), i ciśnienie oleju smarującego (4).

3. Warunki przeprowadzenia pomiarów

Przed przystąpieniem do badań w silniku SB-3.1 wyregulowano luz zaworowy na 0,5 mm, ustawiono kąt wyprzedzenia wtrysku na 26°OWK przed GMP (górnym martwym punktem) oraz dawkę rozruchową (wielkość dawki rozruchowej była zgodna z instrukcją fabryczną i nie wymagała regulacji 190 mm³/wtrysk). Regulację kąta wyprzedzenia wtrysku ułatwiła naniesiona na kole zamachowym podziałka kątowa. Na próbniku wtryskiwaczy typu PRW-3 sprawdzono ciśnienie wtrysku paliwa, które wynosiło 170·10⁵ N/m². Jakość rozpylania była prawidłowa. Silnik był zasilany z pompy wtryskowej P16C10. Na stole probierczym „zdjęto” charakterystykę pompy wtryskowej. Ponadto zmieniono olej w układzie smarowania silnika na Lotos Diesel 15W/40. Wymieniono filtr powietrza, filtry oleju napędowego i filtr oleju smarującego.

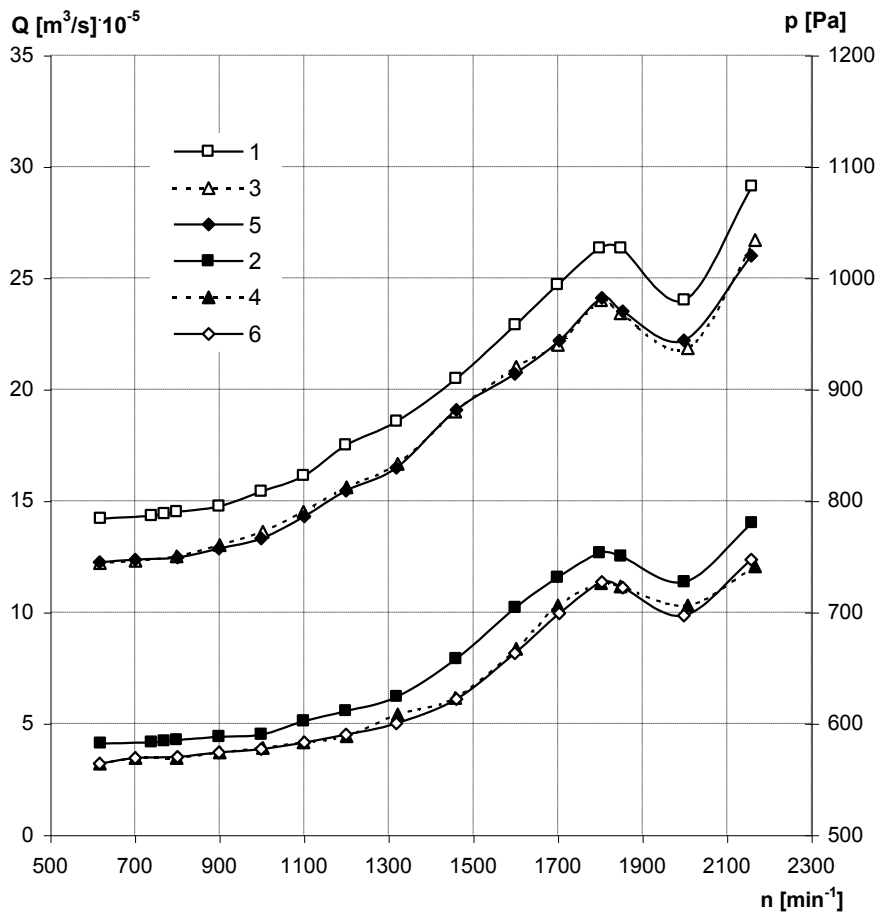
Badania polegały na zmierzeniu natężenia przedmuchiń spalin i spiętrzenia gazów w skrzyni korbowej w silniku badawczym SB-3.1 w pierwszej serii pomiarowej dla wszystkich pierścieni, tzn. dla dwóch pierścieni uszczelniających i jednego pierścienia zgarniającego. Producent podaje, że drugi pierścień zgarniający znajduje zastosowanie w sytuacji, gdy silnik wykazuje dość duże zużycie oleju smarującego. Dlatego pominięto badania dla dwóch pierścieni uszczelniających i dwóch pierścieni zgarniających. Następnie badania wykonano (druga seria pomiarów) dla jednego pierścienia uszczelniającego (umieszczonego w górnym rowku pierścieniowym) i jednego pierścienia zgarniającego. Trzecia seria badań dotyczyła pomiarów przedmuchiń dla jednego pierścienia uszczelniającego (umieszczonego w drugim rowku pierścieniowym) i jednego pierścienia zgarniającego. Ostatnia, czwarta seria pomiarów dotyczyła dwóch pierścieni uszczelniających bez pierścienia zgarniającego.

4. Wyniki badań własnych

Jak wykazały wstępne wyniki pomiarów, porównując natężenie traconego ładunku dla dwóch pierścieni uszczelniających i jednego zgarniającego oraz tylko dla dwóch pierścieni uszczelniających bez pierścienia zgarniającego, wartość traconego ładunku zmienia się tylko w zakresie błędu pomiarowego. Stąd ogólny wniosek, że pierścień zgarniający ma bardzo niewielki wpływ na natężenie przedmuchiwanym gazów do skrzyni korbowej (tylko w zakresie błędu pomiarowego). Z tego względu zrezygnowano z dalszych badań z dwoma pierścieniami zgarniającymi. Natomiast zupełnie inaczej przedstawia się sytuacja z pierścieniami uszczelniającymi. Dla jednego pierścienia uszczelniającego w stosunku do dwóch pierścieni uszczelniających osiągnięto 20% wzrost przedmuchów. Zauważono także, że na wielkość traconego ładunku ma wpływ rozmieszczenie pierścienia uszczelniającego. I tak dla pierścienia umieszczonego w pierwszym rowku pierścieniowym (pierścień bliżej denka tłoka) natężenie traconego ładunku było minimalnie mniejsze (o około 3%) niż dla pierścienia umieszczonego w drugim rowku pierścieniowym. Sytuacja taka jest spowodowana tym (podobnie jak wykazują badania Masudy [4] na silniku z zapłonem iskrowym), że wraz ze wzrostem odległości od denka tłoka pierwszego pierścienia uszczelniającego zmniejsza się ciśnienie działające na ten pierścień i dociskające go do gładzi cylindra oraz powierzchni kanalika pierścieniowego tłoka. Zmniejszenie tego docisku powoduje wzrost nieszczelności na tych powierzchniach i zwiększenie strat ładunku. Poza tym, po zwiększeniu odległości pierścienia od denka tłoka (Masuda [4]), stwierdzono większą skłonność do trzepotania pierścieni, stąd występowanie większych przedmuchów spalin do skrzyni korbowej. Jednakże w czasie konstruowania rozmieszczenia pierwszego pierścienia uszczelniającego, należy wziąć pod uwagę nie optymalne rozmieszczenie ze względu na stratę ładunku (przedmuchy), ale przede wszystkim konieczność zapewnienia odpowiednich warunków chłodzenia tłoka i pierścieni. Przy pomiarach natężenia przedmuchów gazów do skrzyni korbowej w silnikach z zapłonem iskrowym należy zwrócić uwagę, że dla prędkości biegu jałowego, przy braku obciążenia może wystąpić podciśnienie w skrzyni korbowej. Zjawisko to zaobserwowano dla silnika 115C.076 [1]. Na rysunku 2 sporządzono charakterystykę przedmuchów w zależności od liczby pierścieni dla silnika SB-3.1.

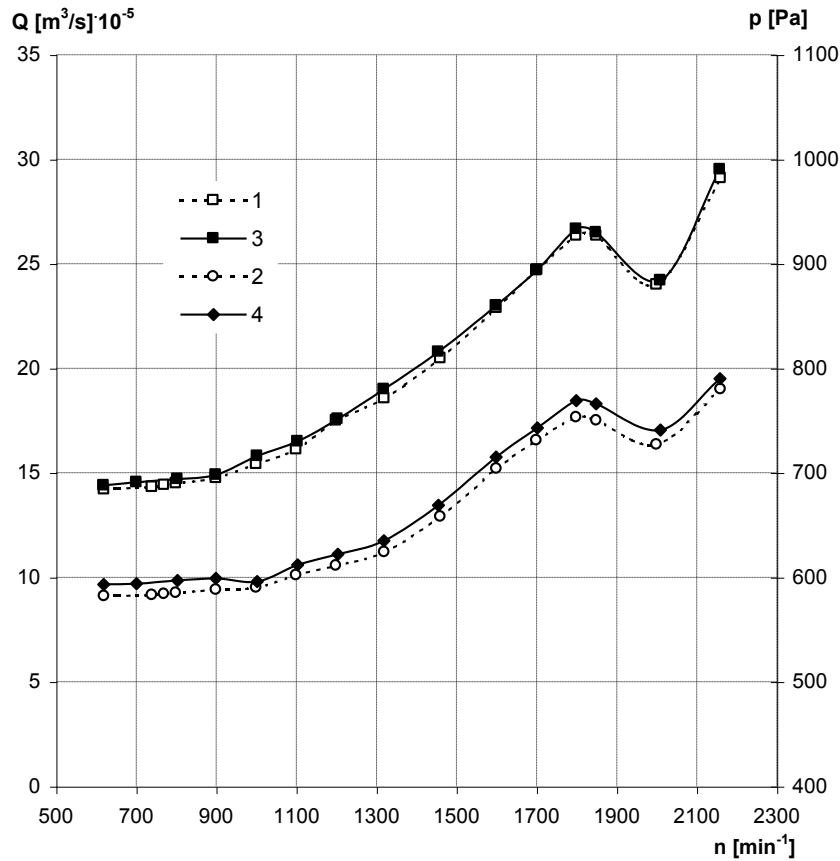
Na rysunku 3 przedstawiono wpływ odległości pierwszego pierścienia od denka tłoka na wielkość traconego ładunku. Badania sporządzono dla jednego pierścienia uszczelniającego umieszczonego w pierwszym rowku pierścieniowym a następnie umieszczonego w drugim rowku pierścieniowym oraz dla jednego pierścienia zgarniającego zainstalowanego we wszystkich pomiarach.

Można zaobserwować, iż mniejsze straty czynnika roboczego są dla pierścienia umieszczonego bliżej denka tłoka (mniejsza skłonność do zjawiska trzepotania pierścienia [4]).



Rys. 2. Wpływ liczby pierścieni na wielkość przedmuchów dla silnika SB-3.1; 1 – charakterystyka przedmuchów dla jednego pierścienia uszczelniającego i jednego pierścienia zgarniającego, 2 – spiętrzenie gazów w skrzyni korbowej dla jednego pierścienia uszczelniającego i jednego pierścienia zgarniającego, 3 – przedmuchy gazów do skrzyni korbowej dla dwóch pierścieni uszczelniających i jednego zgarniającego, 4 – spiętrzenie gazów dla dwóch pierścieni uszczelniających i jednego zgarniającego, 5 – przedmuchy gazów dla dwóch pierścieni uszczelniających bez pierścienia zgarniającego, 6 – spiętrzenie gazów w skrzyni korbowej dla dwóch pierścieni uszczelniających bez pierścienia zgarniającego

Fig. 2. The influence of number of rings on blow-by for SB-3.1 engine



Rys. 3. Wpływ odległości pierwszego pierścienia od denka tłoka na natężenie przedmuchi dla silnika SB-3.1, 1 – przedmuchy spalin dla pierścienia uszczelniającego umieszczonego w pierwszym rowku pierścieniowym, 2 – spiętrzenie przedmuchi dla pierścienia uszczelniającego umieszczonego w pierwszym rowku pierścieniowym, 3 – przedmuchy spalin dla pierścienia umieszczonego w drugim rowku pierścieniowym, 4 – spiętrzenie przedmuchi dla pierścienia uszczelniającego umieszczonego w drugim rowku pierścieniowym

Fig. 3. The influence of the distance of first ring from the piston head on blow-by for SB-3.1 engine

Podsumowanie

Przedstawione badania pozwalają na wyciągnięcie ogólnego wniosku: liczba pierścieni wpływa na wielkość strat ładunku w postaci przedmuchi gazów do skrzyni korbowej tłokowego silnika spalinowego z zapłonem samoczynnym. Prawdopodobnie (badania wykonano tylko dla jednego silnika SB-3.1) wniosek ten można uogólnić i adaptować dla innych silników z zapłonem samoczynnym

(o różnej konstrukcji), niemniej z doświadczenia wiadomo, że zjawisko przedmuchi jest uzależnione od większości parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych silnika (np. liczba pierścieni, stopień sprężania, temperatura otoczenia, temperatura silnika określona np. temperaturą czynnika chłodniczego lub oleju smarującego, rodzaju pierścieni, rodzaju zamków pierścieni, rozmieszczenia pierścieni, rodzaju oleju smarującego, stanu technicznego grupy tłok – pierścienie – cylinder itd.). Stąd uogólnienie wniosku nie może być jednoznaczne, choć w pewnym stopniu zbliżone. Pierścień, jako element sprężysty może wykonywać w określonych warunkach (które się zmieniają w wyniku zmiany liczby pierścieni) ruchy (np. drgania, trzepotanie), które wywierają istotny wpływ na wielkość strat ładunku [2, 3]. Niemniej zwiększenie liczby pierścieni zwiększa szczelność przestrzeni roboczej, ale powoduje wzrost strat mechanicznych w postaci tarcia.

Przy konstruowaniu i dobieraniu liczby pierścieni na tłoku dla silnika spalinowego trzeba uwzględnić przede wszystkim ilość ciepła oddawanego przez pierścienie do tulei cylindrowej. Należy zwrócić uwagę, że odpowiednie rozmieszczenie uszczelniających pierścieni tłokowych ma wpływ na uzyskanie odpowiedniej szczelności. Bez konieczności zmian konstrukcyjnych, przy tej samej liczbie pierścieni, można uzyskać lepsze lub gorsze właściwości uszczelniające złożenia tłok – pierścienie – cylinder.

Pierścień zgarniający w niewielkim stopniu (w zakresie błęd pomiarowego) wpływa na natężenie przedmuchi gazów przedostających się do skrzyni korbowej silnika spalinowego z zapłonem samoczynnym. Jest to spowodowane prawdopodobnie tym (co nie zostało zbadane w tej pracy), że film olejowy, który pozostaje na gładzi cylindrowej posiada większą wartość grubości, ponieważ olej nie jest rozprowadzany przez pierścień zgarniający tylko przez pierścienie uszczelniające. Grubsza ilość filmu olejowego powoduje doszczelnienie pomiędzy pierścieniami uszczelniającymi a gładzią cylindra, stąd jest zauważalny niewielki wzrost natężenia przedmuchi mimo braku pierścienia zgarniającego.

Należy pamiętać, że brak pierścienia zgarniającego może powodować zużycie oleju smarującego dzięki temu, że dostaje się on do przestrzeni roboczej i ulega spalaniu. Może mieć to także wpływ na emisję substancji toksycznych przez silnik, a przede wszystkim na emisję węglowodorów (HC).

Literatura

1. Abramek K. F, *Natężenie przedmuchów przenikających do skrzyni korbowej silnika z zapłonem iskrowym*, Materiały konferencji: Doładowanie silników spalinowych, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin, 1999.
2. Heilig M, *Pierścienie tłokowe silników spalinowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1970.
3. Kozaczewski W, *Konstrukcja złożeń tłok-cylinder silników spalinowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987.
4. Masuda T, *Experiment on the rate of blow-by in spark ignition engines*, Bulletin of ISME nr 9, vol. 3, 1960.

Wpłynęło do redakcji w lutym 2004 r.

Recenzenci

dr hab. inż. Piotr Bielawski, prof. AM
prof. dr hab. inż. Stefan Żmudzki

Adres Autora

dr inż. Karol Franciszek Abramek
Politechnika Szczecińska
Wydział Mechaniczny
Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
al. Piastów 19, 70-310 Szczecin
karol.abramek@ps.pl